Morphologie und Anatomie

der

Limosella aquatica.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

KÖNIGLICHEN FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT
ZU ERLANGEN

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

WILLI ELFERT

AUS BERLIN.

BERLIN

DRUCK VON CHR. WIEGLER, BESSELSTRASSE 17.

1895

Seinen teuren Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535724_0053

Einleitung.

Obwohl durch die Forschungen der letzten Decennien, etwa seit den vierziger Jahren dieses Säculums, die Grundlinien der vergleichenden Anatomie bereits festgelegt worden sind, so ist doch bei der Fülle des zu bewältigenden Materials noch manche Lücke in der Specialkenntnis, selbst unserer einheimischen Pflanzen auszufüllen.

Eine dieser Lücken beseitigen zu helfen ist der Gegenstand der vorliegenden Mitteilung.

Auf freundliches Anraten des Herrn Prof. Dr. *Reess*, welchem ich auch an dieser Stelle für die stets liebenswürdige Unterstützung, die er meinen Studien zu teil werden liess, meinen aufrichtigen Dank abstatte, unternahm ich es, den anatomischen Bau von *Limosella aquatica* einer besonderen Bearbeitung zu unterwerfen.

Die Anatomie der Labiaten und Scrophulariaceen ist zwar schon mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, doch ist mir nicht bekannt, dass irgend wo schon der Gesamtaufbau von *Limosella aquatica* behandelt worden ist, obwohl diese Pflanze schon wegen ihres Habitus und wegen ihrer Lebensweise aus dem Rahmen, in welchem sich die mannigfaltigen Formen der Scrophulariaceen halten, heraus tritt.

Wenn nun auch die vorliegende Arbeit nach ihrem Character a priori nicht erwarten lässt, dass aus ihr weit-

gehende Resultate entspringen, so dürfte sie doch einen Baustein für das Gebäude unserer Specialkenntnis abgeben.

In diesem Sinne möchte ich die nachfolgenden Mitteilungen der Öffentlichkeit übergeben.

Die Scrophulariaceengattung *Limosella* wird durch sieben Arten vertreten, von denen *Limosella aquatica,* Fig. 1, wohl die grösste Verbreitung aufweist. Sie gehört zu jenen Pflanzen, welche über die ganze Erde mit Ausnahme der arktischen und tropischen Zonen verbreitet sind. Man hat sie bis jetzt ausser in Europa auf den Bergen Abessiniens in einer Höhe von 9—10000 Fuss, in Sibirien, im östlichen Waldgebiet von Nordamerika, und unter 40 ° s. Br. an der Magelhaenstrasse in einem See gefunden. Ja selbst in dem pflanzenärmsten Teil der Erde, auf dem rauhen, steinigen, noch von dem südlichen Treibeis umspülten Kerguelen-Archipel ist sie beobachtet worden.

In Europa ist sie über die britischen Inseln, die Schweiz, Belgien, Böhmen, vor allem aber über Deutschland verbreitet. In Deutschland kommt sie am häufigsten im baltischen und im gesamten Rhein-Gebiet, überall aber ziemlich zerstreut vor. Man findet sie an den Ufern von Teichen*) und Flüssen, an sumpfigen Waldwegen, auf Torfboden, in ausgetrockneten Gräben, Pfützen u. s. w., kurz an überschwemmten schlammigen Plätzen überall zerstreut vor, weshalb sie auch die deutschen Namen Schlammling, Sumpfling oder Sumpfkraut erhalten hat.

*) Die von mir untersuchten Exemplare wurden an den Ufern der Weiher von Dechsendorf bei Erlangen gesammelt.

Spezieller Teil.

Morphologie.

Limosella aquatica kommt in zwei schon äusserlich unterscheidbaren Formen vor, welche als Standortsvarietäten aufzufassen sind. Man kann sie als Wasser- und Landform bezeichnen. Ich will hier zunächst die Landform beschreiben, auf welche sich ausschliesslich die nachfolgenden Untersuchungen beziehen, und dann mit wenigen Worten auf die Abweichungen eingehen, die das submers erwachsene Exemplar zeigt.

Die Landform stellt ein kleines 3—4 cm hohes einjähriges Kraut dar, welches mit gestauchter Achse am Boden vegetiert und aus dieser Büschel von langgestielten, länglich oder lineal-spatelförmigen, etwas fleischigen Blättern erzeugt. Über die Blattstellung scheint keinerlei genauere Angabe in der Litteratur vorzuliegen. Nur *Baillon**) giebt an, dass die Blätter wechselständig seien, während bei den nächst verwandten Gattungen *Gratiola* und *Mimulus* bekanntlich wie bei vielen anderen Scrophulariaceen decussierte Blattpaare vorherrschen. Nach meiner eigenen Beobachtung entspricht die Blattstellung in den Rosetten einer $^2/_5$-Stellung.

Es bedarf hier eines besonderen Hinweises, dass die Blätter von *Limosella* am Grunde ihres Blattstieles jederseits

---

*) Vergl. Bentham-Hooker, Gen. Plant., Baillon, Hist. d. Plantes, Luerssen, Medic. pharm. Bot. II., p. 993.

ein häutig, lappiges Anhängsel aufweisen: Es liegen hier sogenannte Petiolarstipeln vor. Auch diese Eigentümlichkeit scheint bis jetzt von allen Systematikern und Morphologen unbeachtet gelassen zu sein. Wenigstens habe ich in der mir zugänglichen Litteratur nirgends einen Hinweis darauf gefunden, dass in der Familie der Scrophulariaceen überhaupt jemals Nebenblätter beobachtet worden seien. Ebenso fehlt eine diesbezügliche Angabe in den Diagnosen der Gattung *Limosella*.

Die Spreiten sind ungeteilt und ganzrandig. Die ebenfalls grundständig in den Achseln der Blätter entspringenden Blütenstiele, deren Länge nur ein Drittel von der des Blattstiels erreicht, tragen je eine kleine rötlich-weisse Blüte. Ferner entsendet der gestauchte Stengel nach allen Richtungen fadenförmige, unverzweigte Ausläufer, die sich in geringer Entfernung von der Mutterpflanze bewurzeln und nun Blätterrosetten entwickeln. Durch später erfolgendes Absterben des blattlosen Ausläuferstückes werden die Sprossspitzen der Ausläufer zu selbständigen Pflänzchen. Das Wurzelsystem gelangt bei *Limosella* verhältnismässig reichlich zur Ausbildung. Eine eigentliche Hauptwurzel fehlt. Ich hebe dies deshalb hervor, weil *Baillon* in seinem Werke »*Histoire des plantes*« die Pflanze mit einer Hauptwurzel abbildet. Dagegen entspringen von dem unteren Ende des wenige Millimeter langen Stammes zahlreiche Adventivwurzeln. Diese in den Schlamm sich einsenkenden Wurzeln treiben äusserst zarte Nebenwürzelchen, die auch an Zahl nicht bedeutend sind.

Die kurzgestielten, durchweg achselständigen Blüten sind zweigeschlechtig, zygomorph. *Limosella* dürfte wie viele andere Scrophulariaceen zweiachsig sein. Die erste Achse trägt ausser den Cotyledonen nur Laubblätter und ist unbegrenzt. Die zweiten Achsen sind die laub- und vorblattlosen Blüten. Das morphologische Zeichen wäre demnach

I Cot., L. bezw. nur L.

II Z. aus L.

Der bleibende Kelch ist glockig, fünfzähnig.

Die Blumenkrone ist verwachsenblätterig und bildet unterwärts eine kurze glockenförmige Röhre. Sie hat einen fünfspaltigen, fast aktinomorphen Saum. Die Staubblätter sind in der Vierzahl vorhanden, didynamisch und der Kronenröhre eingefügt. Das fünfte Staubblatt nach dem Charakter der Familie ist fehlgeschlagen. Die Antherenfächer sind verschmolzen.

Der oberständige, zweifächerige Fruchtknoten trägt einen kurzen, mit einer knöpfchenartigen Narbe endigenden Griffel.

Die Frucht ist eine zweifächerige, zweiklappige Kapsel mit dicker centraler Placenta. Sie öffnet sich septicid. Die zahlreichen Samen sind gerade und haben einen geraden Keimling.

Limosella aquatica blüht nach den Angaben der Floren vom Juli bis September. Ich habe sie jedoch von Anfang Mai bis Anfang November blühen sehen. Sie tritt infolge ihrer oben geschilderten Art der Vermehrung rasenbildend auf. In biologischer Beziehung wäre noch zu bemerken, dass *Ch. Contejean**) *Limosella aquatica* zu den kalkfliehenden hygrophilen Pflanzen rechnet. Wie oben erwähnt, gehört *Limosella aquatica* zu denjenigen Pflanzen, welche sich mehr oder weniger amphibisch verhalten. Über die Wasserform sagt *Heinr. Schenk* folgendes: Wächst die Pflanze dagegen submers, so erhalten die Blattstiele bedeutende Länge, zuweilen sogar einen halben Fuss, und die Spreite ist mehr oder weniger reduciert. Die Blätter sind auch zarter und durchscheinend.**) Es macht sich eben auch für *Limosella aquatica* die vom genannten Autor ausgesprochene Thatsache geltend, dass mit der Anpassung einer Landpflanze an das Wasser auch eine Streckung ihrer Blätter und eine Abnahme in der Breite verbunden ist.

---

*) Ch. Contejean. De l'influence du terrain sur la végétation.

**) Schenk: Die Biologie der Wassergewächse.

Anatomie.

Stamm und Stolo.

Vergleicht man den Stamm der *Limosella aquatica* mit dem typischer Landpflanzen in Hinsicht auf den Aufbau der ihn zusammensetzenden Gewebe, so ergeben sich bedeutsame Unterschiede, welche auf Anpassung an das Wasserleben hindeuten. Diese Thatsache wird in uns um so weniger Befremden erregen, als wir wissen, dass diese Pflanze stets auf mit Wasser gesättigtem Boden vegetiert, und der Stamm derselben zeitweise sogar vollständig vom Wasser umgeben ist.

Es sei hier gleich erwähnt, dass dem dicken, kurzen Stamm jede specifische mechanische Festigungseinrichtung fehlt.

Die Gewebe, aus denen sich der Stamm aufbaut, sollen im Folgenden einer gesonderten Darstellung unterworfen werden.

Wenn wir den Querschnitt betrachten, Fig. 2, so bietet sich uns der axile Gefässbündelstrang in folgender Anordnung dar. Auf die Schutzscheide folgt nach innen das einschichtige Pericambium. Weiter einwärts schliessen sich an dasselbe im Kreise angeordnete collaterale Leitbündelgruppen an, die Brücken von parenchymatischem Gewebe zwischen sich lassen. Bei jedem einzelnen Gefässbündel resp. bei jeder einzelnen Gruppe liegt nach aussen das Phloëm, nach innen das Xylem. Das Gefässbündel setzt sich somit aus einzelnen Gruppen zusammen, was vom phylogenetischen Gesichtspunkt aus von Bedeutung ist. Es sind also die in der Axe zusammengedrängten, von einer gemeinsamen Scheide umgebenen Leitbündel als ein »contrahiertes Leitbündelsystem«*) aufzufassen.

*) E. Russow: Betrachtungen über das Leitbündel- und Grundgewebe. Dorpat. 1875.

Ich hebe dies deshalb hervor, weil in dieser Verschmelzung der Leitbündel zu einem axilen Strang sich die Tendenz, sich den Wasserpflanzen zu nähern, ausspricht.

Im Centrum des Gefässbündels liegt das Mark, welches namentlich in der Nähe der Rosette sehr weitmaschig ist. Der Markcylinder im Gefässbündel des Stammes ist im Verhältnis zu dem im *Stolo* bedeutend umfangreicher und mächtiger entwickelt. Im Mark finden sich bisweilen einige primäre Gefässe isoliert.

Nachdem ich so einen Überblick über die Anordnung der Gefässbündelelemente gegeben habe, will ich noch mit einigen Worten auf die genauere Beschaffenheit derselben eingehen.

Von der einschichtigen Endodermis wäre noch zu erwähnen, dass sie keine *Caspary*'schen Punkte zeigt. Die radialen und äusseren tangentialen Wände erweisen sich bei der Behandlung mit concentrierter Schwefelsäure resistent und sind deshalb als stark verkorkt zu bezeichnen. Die innere tangentiale Wand jeder Schutzscheidenzelle ist nur schwach verkorkt. Durchlasszellen sind nicht vorhanden. Ferner führt die Endodermis keine Stärke in sich. Stellenweise findet eine tangentiale Teilung der Endodermiszellen statt, so dass die Schutzscheide an diesen Orten zweischichtig erscheint.

Das Pericambium stellt die unmittelbar auf die Endodermis centrumwärts folgende, aus einer Zelllage bestehende Gewebeschicht dar. Die einzelnen Zellen sind schwach collenchymatisch verdickt; sie bilden auf dem Querschnitt die einzige Andeutung eines inneren Festigungsringes. An das Pericambium lagert sich nach innen eine dünne continuirliche Ringzone von Phloëm an. Die Siebröhren sind ausserordentlich eng mit fast quergerichteten undeutlichen Siebplatten.

Ich muss mich, was das Vorhandensein der Siebröhren anbetrifft, der von *H. Schenk* ausgesprochenen Meinung anschliessen. Er hält es für sehr unwahrscheinlich, dass unter den Leitbündeln der submersen Gewächse solche mit gänzlich fehlenden Siebröhren anzutreffen sind.

Viele Autoren haben sowohl bei submersen als auch bei amphibisch vegetierenden Gewächsen Siebröhren nicht nachweisen können. Dies ist mir um so weniger befremdlich, als in der That bei der Kleinheit derselben auch für *Limosella aquatica* der Nachweis mit einem gewissen Aufwand von Zeit und Mühe verbunden war. Das Xylem ist verhältnismässig gut entwickelt, wie dies ja mehr oder weniger noch bei allen amphibischen Gewächsen der Fall ist.

Wir müssen ja auch hier berücksichtigen, dass die Ausbildung der Gefässe, wie auch von Spaltöffnungen keineswegs überflüssig erscheint, denn der grössere Teil der Pflanze und die Blüten bleiben auch bei hohem Wasserstand oberhalb des Niveaus desselben, und können diese Organe ihre Nahrung nicht direkt aus flüssigem Medium beziehen, wie dies bei den Vertretern der submersen Flora der Fall ist.

Wie oben erwähnt, schliesst sich das Xylem centrumwärts in Form eines Ringes, welcher sich in ziemlich regelmässiger Weise aus kurzen, radialen Gefässreihen zusammensetzt, die durch radiale Streifen zartwandigen Parenchyms (Holzparenchyms?) getrennt werden, an das Phloëm an. Eine Cambiumschicht ist an der Aussenseite des Xylems nicht erkennbar. Die Gefässe bilden sich im Procambiumstrang in normaler Weise von innen nach aussen. Zu innerst liegen die Spiralgefässe oder Ringgefässe. Unmittelbar auf diese folgen Gefässe mit netzartiger Verdickung; dann folgen Tüpfelgefässe. Die Perforation derselben ist lochförmig auf bisweilen schiefer, meist aber horizontaler Wand. Die Spiralgefässe erscheinen auf Längsschnitten teilweise durch die Streckung auseinander gezerrt. Das innerste Ringgefäss einer solchen radialen Reihe wird häufig von kreisförmig um dasselbe angeordneten Parenchymzellen umgeben. Diesen zarten, langgestreckten und unverholzten Zellen wären mit den gleichgebauten Parenchymzellen, welche sich zwischen die Xylemradien einschieben, der Lage nach als Holzparenchymzellen zu bezeichnen.

Mark und Holzparenchym sind hier nur der Lage, nicht dem Baue nach, verschieden. Im Inneren wird der Gefäss-

bündelstrang mit einem besonders in der Nähe der Stammrosette wohl entwickelten und zartwandigen Mark ausgefüllt. Dieses besteht aus weitlumigen, abgerundeten, stärkeführenden Elementen, die in der Längsrichtung des Organs gestreckt sind und sich ohne Bildung von Intercellulargängen zusammenschliessen. Schliesslich wäre noch zu erwähnen, dass sämtliche das Leitbündel bildende Elemente in der Längsrichtung des Organs gestreckt sind.

Das Leitbündel des Stammes wird von dem Rindenparenchym umgeben, Fig. 2, welches, in radialer Richtung gemessen, etwa die doppelte Breite des Gefässbündels hat und so die Hauptmasse des Stammes bildet. Das Parenchym besteht aus gestreckten, im Querschnitt abgerundeten Zellen, die sich durch ihre Zartwandigkeit von dem derbwandigen Parenchym der meisten Landpflanzen unterscheiden. Am bedeutendsten ist das Parenchym von dem der Landpflanzen durch die Entwickelung eines ausgedehnten Durchlüftungssystems unterschieden. Es gleicht vollständig dem typischer Wasserpflanzen. Wir wollen nun mit wenigen Worten die Ursachen erörtern, welche eine derartige Ausbildung des Durchlüftungssystems notwendig gemacht und der Pflanze den Stempel der Anpassung an das Medium des Wassers aufgedrückt haben. Wir wissen, dass der massgebendste Faktor für die Ausbildung des Durchlüftungssystems die Transspiration ist. Da Stamm und Stolo stets von nassem Erdboden oder Wasser umgeben sind, so haben bei ihnen die mit Luft gefüllten Intercellularen gleichsam die Aufgabe, die äussere Atmosphäre zu ersetzen.

Wozu der Umstand, dass *Limosella aquatica* in einer mit Wasserdampf erfüllten Atmosphäre vegetiert, bei der Ausbildung der Spaltöffnungen geführt hat, soll noch bei der Besprechung der Blattepidermis näher gezeigt werden. Die Intercellularen des Stammes haben immerhin eine gewisse Grösse, sind aber nicht so gross und typisch wie diejenigen in der Rinde des Blattstiels. Sie zeichnen sich indessen durch ihre grosse Zahl aus. Das zartwandige Parenchym der Rinde enthält Chlorophyll und Stärke.

Infolge der bedeutenden Spannungsverhältnisse, welche ihre Ursachen in den Druckdifferenzen haben, die aus der gedrängten Stellung zahlreicher Organe, wie der Blätter mit ihren axillären Blüten und der Stolonen, sowie aus dem Hervortreten der zahlreichen Wurzeln aus dem nur wenige Millimeter langen Stamm resultieren, bietet das Rindenparenchym eine nicht gerade regelmässig zu nennende Anordnung dar.

Im allgemeinen gliedert sich das Parenchym des Stammes in folgende Zonen. Unter der Epidermis, welche als äusserste Rindenschicht aufgefasst werden kann, folgt zunächst die äussere einschichtige Rindenzone, charakterisiert durch dichtes Aneinanderschliessen der Zellen unter sich und an die Epidermis; sodann die Lufthöhlenschicht, welche grössere oder kleinere mit Luft erfüllte Kanäle führt und meist das Parenchym in Form einschichtiger, dünner Septen auflöst, so dass jede einzelne Zelle dieser Septen von Luft umspült wird. An die Lufthöhlenschicht schliesst sich weiter einwärts die innere Rindenzone an, welche wieder aus wenigen, zwei bis vier dicht zusammenschliessenden oder nur kleine Intercellularen zwischen sich lassenden Zelllagen besteht, und endlich als Abgrenzung gegen den axilen Strang die Schutzscheide. Das Durchlüftungssystem der Pflanze ist ein zusammenhängendes und nirgends durch Querwände unterbrochen. Die Luftgänge entstehen chizogen, durch Spaltung der Parenchymlagen.

Über die Verteilung der Lufthöhlen in der Lufthöhlenschicht wäre folgendes zu sagen: Unter der einschichtigen äusseren Rindenzone liegen bis zur Innenrinde etwa vier Kreise von mittelgrossen, unregelmässig angeordneten Luftgängen, welche alle durch einschichtige Septen getrennt werden, und zwar in der Weise, dass die Septen auf dem Querschnitt sich als ein zierliches Netzwerk darstellen. Die Lufthöhlenzone übertrifft infolge der Entwickelung der Intercellularen die anderen Zonen des Parenchyms derart, dass letztere ihr gegenüber verschwindend klein erscheinen. Die Elemente des Hautgewebes zeichnen sich von denen des

darunter liegenden Parenchyms dadurch aus, dass sie nicht in dem Masse wie diese abgerundet sind. Sie zeigen auch im Gegensatz zu den Parenchymzellen eine regelmässigere Anordnung. Sie erscheinen auf dem Querschnitt mehr oder weniger rechteckig und in radialer Richtung gestreckt. Die Zellelemente der Epidermis sind auch kleinzelliger. Von der Fläche betrachtet, stellen sie sich annähernd als Rechtecke dar, die etwa viermal so lang als breit sind. Die Enden der Zellen greifen häufig wellig ineinander. Sie besitzen kein Chlorophyll, auch bilden sich Drüsenhaare und Spaltöffnungen nur wenig aus. Die Rückbildung der letzteren ist ja auch erklärlich, da, wie oben erwähnt, der Stamm meist von Wasser umgeben ist. Sonstige Haarbildungen fehlen gänzlich. Die Aussenwand der Epidermiszellen ist von einer zarten Cuticula überzogen, die sich durch Maceration mit dem *Schulze*'schen Gemisch stellenweise abhebt.

Ferner wäre noch, abgesehen von der Verkorkung der Schutzscheide, das gänzliche Fehlen von Sekret- oder Exkretbehältern zu erwähnen.

Stolo.

An die Beschreibung des Stammes will ich gleich die des *Stolo* (Rhizom) reihen, weil der anatomische Aufbau derselben im grossen und ganzen der gleiche ist. Auch hier zeigt das Gefässbündel, Fig. 3, eine deutliche, einschichtige Endodermis, die der *Caspary*'schen Punkte und der Durchlasszellen entbehrt. Ebenso sind die Wände der Schutzscheide verkorkt und zwar die äusseren tangentialen und radialen stark; die inneren tangentialen schwach. Stärke war in ihr nicht nachzuweisen. An sie schliesst sich nach innen das einschichtige Pericambium an, welchem centrumwärts im Kreise angeordnete, collaterale Leitbündelgruppen, die Brücken von parenchymatischem Gewebe zwischen sich lassen, folgen. Bei jedem einzelnen Gefässbündel resp. bei jeder einzelnen Gruppe liegt nach aussen das Phloëm, nach

innen das Xylem. Somit setzt sich auch das Gefässbündel des *Stolo* aus einzelnen Gruppen zusammen.

Im Centrum des Gefässbündels liegt das Mark. Wie schon oben erwähnt, ist der Markcylinder im Gefässbündel des *Stolo* im Verhältnis zu dem im Stamm bedeutend schwächer entwickelt, wodurch sich die Gefässbündel vom Stolo und Stamm eigentlich nur unterscheiden. Unter den Elementen des Xylems sind die Primärgefässe Ringgefässe, die streckenweise in einfache Spiralgefässe übergehen. Die später gebildeten Gefässe sind, in der Reihenfolge von innen nach aussen aufgezählt: Spiralgefässe, Gefässe mit netzartiger Verdickung und schliesslich zuäusserst getüpfelte Gefässe. Die Perforation derselben ist lochförmig auf teils schiefer, teils horizontaler Wand.

Die Zellen des Rhizoms sind sämtlich mehr oder weniger langgestreckt. Die Siebröhren sind eng mit fast quergerichteten Siebplatten.

Das Gefässbündel wird kreisförmig, Fig. 4, von der chlorophyll- und stärkehaltigen Rinde umgeben, deren äusserste Schicht die Epidermis ist. Unter der Epidermis liegt die meist einschichtige, aber auch stellenweise aus zwei Zelllagen bestehende äussere Rindenschicht. Hierauf folgt nach der Mitte zu die Lufthöhlenschicht, die aus zwei ziemlich regelmässig angeordneten Kreisen von Intercellularen besteht; die Intercellularen, von denen die dem äusseren Kreis angehörigen viel grösser sind als die des inneren Kreises, sind durch einschichtige Septen von einander getrennt.

Die innere Rindenschicht, welche der Endodermis anliegt, besteht ebenfalls aus einer bisweilen jedoch aus zwei Zelllagen. Die Rindenzellen sind langgestreckt (parallelopipedisch). An der Endodermis des Stolo sowohl wie des Stammes, Fig. 3, kann man häufig in Teilung begriffene Zellen beobachten. Die Epidermis zeigt deutlich typische Spaltöffnungen, die so orientiert sind, dass ihre Spalte in der Längsrichtung des Organs liegt. Ferner finden sich die noch später zu besprechenden Drüsenhaare. Diese aber kommen hier nur spärlich vor. Auf dem Querschnitt,

Fig. 4, zeigen die Zellen der einschichtigen Epidermis eine annähernd quadratische Form. Ihre Aussenwand übertrifft die anderen an Stärke und wird von einer auf dem Querschnitt gekörnelt erscheinenden Cuticula überzogen. Von der Fläche gesehen stellen sich diese Körnelungen als feine parallele Streifungen dar. Die in der Längsrichtung stark gestreckten Zellen sind teils durch rechtwinklig oder schief gestellte Wände von einander abgegrenzt, teils greifen sie mit den Enden wellenförmig in einander.

In den Zellen der äusseren Rindenschicht kann man an frischem Material häufig einen violetten Zellsaft wahrnehmen, der beim längeren Liegen des Materials in Alkohol schwindet. Ausserdem trifft man in den Stolonen häufig Fäden von Nostoc an, die durch die Spaltöffnungen einwandern und sich in den grossen Intercellularen fortbewegen.

Vergleich des anatomischen Befundes von Stamm und Stolo.

Schliesslich möge sich hieran noch ein kurzer Vergleich der soeben geschilderten Organe reihen. In der Ausbildung der Epidermis sowie ihrer Trichome und Spaltöffnungen stimmen beide in folgenden Punkten überein. Erstere sind nur durch Drüsenhaare vertreten, die sich meist über das Niveau erheben. Die Spaltöffnungen liegen im Niveau. Beide Anhangsgebilde sind nur spärlich vorhanden. Von den Wandungen der Zelle ist nur die äussere verdickt. Unterschieden ist die Epidermis des Stolo von der des Stammes durch die stärkere Streckung ihrer Elemente in der Wachstumsrichtung und durch die gestreifte Cuticula.

Im Stolo sowohl als im Stamm ist das Verhältnis des Durchmessers des Centralcylinders zur Dicke der Rinde $^1/_3$. Die Rindenzellen des Stamms sind kleiner und auch durch kleinere Intercellularen geschieden, die des Stolo voluminöser und durch grössere Intercellularen getrennt. Collenchymrippen fehlen beiden, ebensowenig sind die Rindenzellschichten collenchymatisch verdickt. Die Endodermis ist in den Aus-

läufern typischer als im Stamm entwickelt. Ihre Zellen sind im ersteren grösser und regelmässiger. Die Xylemgruppen sind relativ kleiner, die Zahl ihrer Gefässe geringer. Das Phloëm zeigt bei beiden gleiche Ausdehnung. Das Mark ist im Stolo geringer ausgebildet, wie im Stamm und speichert bei beiden, gerade wie die Rinde, Stärke.

Wie oben erwähnt, sitzen die Blätter in $^2/_5$ Stellung dem Stamme an. Wo sich nun das in den Blattstiel austretende Gefässbündel als Spurstrang auf dem Querschnitt des Stammes zuerst kenntlich macht, erscheint es als eine seichte Ausbuchtung des Bündelcylinders. Die Ausbuchtung nimmt schrittweise an Deutlichkeit zu, bis eine Parenchymlücke den Spurstrang vom Stammleitbündel trennt.

Blattstiel.

Wenn wir uns nun dem Blattstiel zuwenden, so bietet auch er einen an submerse Pflanzen erinnernden Aufbau dar. Auch hier wird der axile Gefässbündelstrang von einer breiten Rindenschicht umgeben, deren innere Begrenzung die Endodermis bildet, während die Epidermis sie nach aussen hin abschliesst. Was den axilen Strang des Blattstiels anbetrifft, so bietet er nicht in allen Teilen desselben den gleichen Aufbau dar.

Wir wollen ihn deshalb vom Grunde des Blattstiels zur Spreite emporsteigend in seinen allmählichen Veränderungen studieren.

Im untersten Teile des Blattstiels stellt er sich auf einem Querschnitt als typisches konzentrisch-periphloëmatisches Bündel dar, Fig. 5. In dem Centrum des Bündels liegen Markzellen (wohl richtiger Holzparenchymzellen zu nennen), parenchymatische, in der Längsrichtung des Organs gestreckte Zellen, die sich sternförmig um die Primärgefässe gruppieren. Diese besitzen meist ein enges Lumen und sind durch Ring und Spiralverdickungen ausgesteift, welche auf Längsschnitten häufig in die Länge gezerrt erscheinen. Der centrale Paren-

chymcylinder wird von einem geschlossenen Xylemmantel umgeben, welcher an keiner Stelle durch ein Parenchymseptum unterbrochen wird. Die ziemlich weitlumigen sekundären Gefässe, von denen gewöhnlich in radialer Richtung zwei hinter einander liegen, schliessen eng an einander, keinerlei andere Elemente zwischen sich lassend. Die centrumwärts gelegenen sekundären Gefässe haben ringförmige Verdickungen, die streckenweis in einfache und doppelte Spiralen übergehen. Die mehr peripherisch gelegenen zeigen jedoch quergedehnte, in schrägen Reihen stehende Poren. Ihre bisweilen sehr schräg stehenden Querwände sind lochförmig perforiert. Das Xylem wird von einem ebenfalls vollständig geschlossenen Phloëmring umgeben. Das Phloëm besteht aus engen langgestreckten parenchymatischen Zellen mit meist rechtwinklig, bisweilen schräg gestellten Querwänden und noch engeren schwer erkennbaren Siebröhren mit nahezu rechtwinklig gestellten Siebplatten.

Die Siebröhren sind oft nur durch ihre knochenförmigen Anschwellungen an der Stelle der Siebplatte von dem umgebenden Parenchym zu unterscheiden.

Der peripherische Teil des Phloëms wird von dem einschichtigen Pericambium umgeben. Die Elemente desselben sind ziemlich weitlumig, ihre Wandungen collenchymatisch verdickt. Sie sind in der Längsrichtung des Organs gestreckt, besitzen rechtwinklig zur Wachstumsrichtung gestellte Querwände und stellen in ihrer Gesamtheit einen gelblich gefärbten Festigungsring dar.

Das gesamte Gefässbündel wird von einer einschichtigen Endodermis umschlossen. Nur an einzelnen Stellen derselben teilt sich bisweilen eine Endodermiszelle in tangentialer Richtung. Die radialen und inneren tangentialen Wandungen sind schwach verdickt und verkorkt. Die Schutzscheide führt keine Stärke, besitzt auch keine deutlichen *Caspary*'schen Punkte oder Durchlasszellen. Mehr gegen die Spreite hin giebt das Gefässbündel allmählich seine periphloëmatische Anordnung auf und ordnet seine Elemente zu einem collateralen Bündel an. Es tritt dann das collaterale Bündel

in das Blatt ein, welche Form den Blattnerven ausschliesslich zukommt.

Mit der Umwandlung der Anordnung der das Gefässbündel zusammensetzenden Elemente ist keine Differenzierung ihrer Struktur verbunden. Betrachten wir uns das Gefässbündel etwa in der Mitte des Blattstiels, Fig. 6, so bemerken wir, dass bis dahin folgende Veränderungen vor sich gegangen sind. Von einem Mark kann eigentlich nicht gut mehr die Rede sein. Es hat vollständige Reduktion desselben stattgefunden, und die wenigen im Centrum des Bündels gelegenen Parenchymzellen sind als das den Primärgefässen zugehörige Holzparenchym aufzufassen.

Das Xylem wird nicht mehr in Form eines Ringes, sondern in der einer Sichel ausgebildet. Die sekundären Gefässe, welche die Sichel bilden, berühren sich auch nicht mehr unmittelbar, sondern sind zum Teil durch Holzparenchym von einander geschieden. Dagegen hat das umgebende Phloëm inklusive Pericambium noch seine Ringform beibehalten. Weiter aufwärts bildet dann auch Phloëm und Pericambium eine Sichel. Es wäre noch hervorzuheben, dass das Phloëm noch in einer Höhe einen geschlossenen Ring darstellt, Fig. 7 C, in welcher das Xylem schon die Sichelform angenommen hat. An der Endodermis finden keine Veränderungen statt. In den obersten Teilen des Blattstiels umschliesst dann das Phloëm nicht mehr das Xylem, Fig. 7 A, B. Beide haben sich unter einseitiger Öffnung des früheren Ringes neben einander gelagert, zunächst noch halbringförmig bleibend. Auch auf der dem Phloëm zugewandten Seite hat sich Holzparenchym entwickelt, kurz, das ursprünglich periphloëmatische Leitbündel des Blattstiels geht in das collaterale des Blattes über. Letzteres soll bei der Darstellung der Anatomie des Blattes näher erörtert werden. Die Rinde des Blattstiels, d. h. das zwischen Endodermis und Epidermis gelegene Gewebe, Fig. 8, zeigt folgende Anordnung seiner Elemente.

Der central gelegene Teil der Rinde wird von einem meist aus zwei Zellschichten bestehendem Ringe gebildet.

Die diesen Ring bildenden Parenchymzellen lassen sowohl zwischen sich selbst als auch da, wo sie an die Endodermis angrenzen, kleine drei- oder viereckige Intercellularen frei. Von dieser eben geschilderten inneren Rindenschicht strahlen radienförmig Parenchymsepten gegen die subepidermale oder äussere Rindenschicht aus. Die Elemente der aus einer Zelllage bestehenden subepidermalen Schicht liegen nicht nur einander, sondern auch den Epidermiszellen meist lückenlos an. Nur selten bilden sie kleinere Intercellularräume.

Die eben erwähnten Parenchymsepten zerlegen den grossen Luftmantel, der die äussere und innere Rindenschicht scheidet, in einen Kreis grosser typischer Intercellularen.

Die durchgehends einschichtigen Parenchymsepten dichotomieren sich bisweilen in ihrem peripherischen Teil, oder es bilden sich zwischen zwei benachbarten Parenchymsepten Anastomosen aus. Auf diese Weise können dann dicht unter der subepidermalen Schicht wiederum kleinere Intercellularräume entstehen. Das Rindenparenchym besteht aus tonnenförmigen, dünnwandigen Zellen, die Chlorophyll und Stärke führen.

Die Epidermis ist einschichtig und weist als Anhangsgebilde typische Spaltöffnungen und Drüsenhaare auf. Erstere sind so angeordnet, dass der Spalt mit der Wachstumsrichtung des Organs übereinstimmt. In der Flächenansicht erscheinen die Epidermiszellen in der Längsrichtung gestreckt, fast rechteckig. Oft greifen sie aber auch mit ihren zugespitzten Enden spindelförmig in einander. Zwischen beiden Formen sind alle Übergänge vorhanden. Auf dem Querschnitt erscheinen sie fast quadratisch mit vorgewölbter, von einer gekörnelten Cuticula bedeckten Aussenseite. Diese feinen Körnelungen stellen sich von der Fläche gesehen als parallele Streifungen dar.

Die Blattspreite.

Die Blattspreite weist die gewöhnliche Gewebedifferenzierung der Laubblätter der Landpflanzen auf. Sie ist dorsiventral ausgestaltet und lässt auf senkrecht zur Fläche geführten Schnitten die drei sie zusammensetzenden Gewebe in folgender Anordnung erkennen, Fig. 9. Das Blatt ist im Querschnitt elliptisch mit flacherer Unterseite und wird von fünf grösseren Gefässbündeln durchzogen, welche ungefähr in gleicher Entfernung von der oberen und unteren Epidermis im Parenchym eingebettet liegen, eher jedoch der unteren als der oberen genähert. Die grössten Leitbündel nehmen $^1/_3$—$^1/_4$ der gesamten Breite des Querschnitts ein. Der Gegensatz zwischen Haut- und Grundgewebe tritt deutlich hervor. Das Hautgewebe besteht nur aus einer Zellenlage, die Spaltöffnungen und Drüsenhaare trägt und von einer Cuticula überzogen wird. Die Cuticula zeigt so wenig Eigentümlichkeiten, dass ich dieselbe mit wenigen Worten schildern kann. Sie überzieht als ein äusserst feines Häutchen die gesamte Oberfläche der Spreite einschliesslich der Spaltöffnungen und Trichome. Hier und da zeigt sie auch leichte nicht parallele Faltungen. Bei vorsichtiger Maceration mit *Schulze*'schem Reagens löst sie sich oft weite Strecken als ein zartes stark lichtbrechendes Häutchen von der Epidermis los. Sie ist resistent gegen konzentrierte Schwefelsäure.

Was die Epidermiszellen des Blattes anbetrifft, so müssen wir die der Ober- und Unterseite einer gesonderten Besprechung unterziehen, weil sie in Form und Anordnung von einander abweichen. Die der Oberseite zeigen in der Flächenansicht keine Streckung in der Längsaxe des Organs, Fig. 10 A. Die an ein Drüsenhaar angrenzenden Zellen ordnen sich strahlig um dasselbe an. Der Mittelpunkt solcher Anordnung kann auch eine Spaltöffnung sein. Die Seitenwände der Zellen sind stark wellenförmig gebuchtet. Ihre Breite übertrifft um ein wenig die Höhe derselben, Fig. 11, so dass sie im Querschnitt breiter als hoch erscheinen. Die Wände der

Zellen sind ungleich in der Weise verdickt, dass die sich vorwölbende Aussenwand bedeutend stärker ist als die zarter bleibende Innenwand und die Seitenwände. Auch die Seitenwände zeigen sich auf dem Querschnitt verdickt und zwar so, dass die verdickte Aussenwand keilförmig auf sie übergeht und nach innen zu allmählich dünner wird. Die Epidermis der Blattunterseite, Fig. 10 B, besitzt ebenfalls Spaltöffnungen und Drüsenhaare. Ihre Zellelemente zeigen eine deutliche Streckung in der Richtung der Längsaxe des Organs. Die Seitenwände sind gewellt und zeigen sich auch hier auf dem Querschnitt nicht gleichmässig dünn, sondern nehmen von aussen nach innen an Dicke ab. Ebenso wird auch die Aussenwand, die sich stark vorwölbt, stärker ausgebildet. Die Querschnittsform ist quadratisch. Die Epidermiszellen beider Blattseiten greifen dicht in einander, sind farblos, dünnwandig und enthalten mit Ausnahme der Spaltöffnungszellen kein Chlorophyll. Bemerkenswert ist noch, dass sich nicht allein auf der Ober- und Unterseite des Blattes Spaltöffnungen finden, sondern auch auf dem Blattrande, welcher auf Querschnitten gleichmässig bogenförmig von der Epidermis der Oberseite in die der Unterseite überführt, Fig. 9. Hieran anknüpfend könnte man noch die Frage aufwerfen, warum *Limosella* im Gegensatz zu den meisten Dicotylen auf der Blattoberseite Spaltöffnungen habe, zumal sie, wie wir gesehen haben, infolge ihres Standortes in mancher Beziehung Übereinstimmung mit den Wasserpflanzen zeigt und bei diesen doch eine Reduktion der Spaltöffnungen eintritt. Wir wissen nun, dass die Transpiration der Pflanze zum Teil dadurch von so hoher Bedeutung ist, weil hierdurch unter Mitwirkung der osmotischen Thätigkeit des Holzparenchyms das Aufsteigen des Wassers mit den darin gelösten Nährsalzen von der Wurzel aus ermöglicht wird. Es würde also die Pflanze bei zu schwacher Transpiration infolge mangelhafter Zufuhr der Nährsalze zu Grunde gehen. Da *Limosella aquatica* sich stets an wasserreichen Stellen findet, also in einer mit Wasserdampf nahezu gesättigten Atmosphäre vegetiert, wäre sie den schädlichen Folgen einer schwachen

Transpiration leicht ausgesetzt. Denn da die Cuticula, wenn sie auch nur dünn ist, nur wenig permeabel ist, kommt die Verdunstung von der freien Oberfläche gar nicht in Betracht. Die Transpiration findet eben ausschliesslich durch die Spaltöffnungen statt. Sollte nun der Zweck des Vorkommens zahlreicher Spaltöffnungen auf der Oberseite des Blattes der sein, dass durch die so vergrösserte Transpirationsfläche *Limosella* den Gefahren entgeht, welche ihr Aufenthalt in wasserdampfreicher Atmosphäre mit sich bringt? Diese Frage aufzuwerfen dürfte um so berechtigter erscheinen, als auch die beiden Sumpfpflanzen Litorella lacustris, Alisma Plantago Spaltöffnungen auf der Blattoberseite führen.

Andererseits ist es erklärlich, dass eine reichliche Ausbildung von Spaltöffnungen auf der Oberseite der Spreite im vorliegenden Falle auch keinerlei Gefahr mit sich bringt, welche aus zu starker Transpiration erwachsen könnte, weil ja die Wasserzufuhr an wasserreichen Standorten eine unbeschränkte ist, selbst stärkste Insolation und Trockenheit der Jahreszeit vorausgesetzt.

Einen Wachsüberzug oder irgend ein Sekret habe ich auf der Blattfläche nicht finden können. Auch Inhaltseinschlüsse fehlen den Epidermiszellen.

Die Spaltöffnungen, sowohl der Ober- wie Unterseite, zeigen die normale Struktur. Wie bei den meisten Pflanzen wird die Spaltöffnung durch zwei halbmondförmige Schliesszellen gebildet. Der Spalt ist bei den Spaltöffnungen der Blattunterseite, Fig. 10 B, parallel der Längsaxe des Blattes gestellt. Bei den Spaltöffnungen der Blattoberseite lässt sich eine bestimmte Richtung für den Spalt, Fig. 10 A, nicht angeben, gerade wie ja auch die Zellen hier nicht in der Richtung des Organs gestreckt sind. Sie sind nicht von einigen abweichend gebauten Zellen (Hülfsporenzellen oder Nebenzellen) umgeben, liegen auch nie frei inmitten einer grossen Epidermiszelle. Sie enthalten Chlorophyllkörner mit Stärkeeinschlüssen. Die Schliesszellen liegen mit den übrigen Epidermiszellen in gleicher Höhe, oder sie sind ein klein wenig über das Niveau erhoben. Als Anhangsgebilde der

Epidermis wären noch die Trichome zu erwähnen. Trichome finden sich bei *Limosella aquatica* auf der Epidermis beider Blattseiten, sind aber alle von gleichem Bau. Es sind rein epidermale Gebilde. Die Trichome der *Limosella* gehören zu den Excretionsorganen und stellen ursprünglich dreizellige Trichome aus einer der Epidermis eingefügten Tragzelle dar, der eine kurze Stielzelle und eine blasige Kopfzelle aufsitzen. Die Endzelle teilt sich wieder in einzelne Fächer, Fig. 11.

Da die Bildung der plasmareichen Secernierungszellen des Drüsenköpfchens einer regelmässigen Zweiteilung entspricht, so entstehen Drüsenköpfe mit 4, 6 und 8 secernierenden Zellen, welche in Form eines Kranzes angeordnet sind. Die Wand der secernierenden Zellen hat die Stärke der Aussenwandungen der übrigen Epidermiszellen, ist also etwas verdickt. Die Drüsenhaare stehen in Einsenkungen der Epidermis, ragen aber trotzdem über das Niveau empor. Sie enthalten eine ölartige Masse. Vielleicht ergiesst sich das Sekret über die Epidermis und dient als Schutz gegen Parasiten. Jedoch vermag ich nicht die Funktion mit Bestimmtheit anzugeben, und muss ich die Deutung derselben dahingestellt sein lassen.

Das Parenchym des Blattes ist ebenfalls der Dorsiventralität unterworfen, Fig. 9, indem es an der Ober- und Unterseite verschieden ausgebildet ist.

Es bringt also auch hierin seine Zugehörigkeit zum Typus der Landpflanzen zum Ausdruck.

Wir finden an der Blattoberseite Pallisadenparenchym, wenn auch nicht gerade deutlich ausgeprägt, an der Unterseite Schwammparenchym vor. Dies entspricht ja auch den natürlichen Beleuchtungsverhältnissen, da wir wissen, dass die assimilierenden Zellen bei direktem Licht Pallisadenform, bei diffusem aber die Form des Schwammparenchyms annehmen.

Unter der Schicht der grossen Pallisadenzellen lagern sich kürzere, welche die assimilierten Stoffe den Leitbündelscheiden zuführen. Das Schwammparenchym der Blatt-

unterseite baut sich aus rundlich-polygonalen Zellen auf. Sowohl Pallisaden- wie Schwammparenchym weisen Chlorophyll mit Stärkeeinschlüssen auf. Doch während erstere damit vollgepfropft erscheinen, gelangt es bei letzteren viel schwächer zur Ausbildung. Die Parenchymzellen lagern nicht dicht an einander an, sondern lassen ein intercellulares Lacunensystem zwischen sich. Die kleinen Lacunen stehen mit der Aussenwelt durch Atemhöhlen und die Spaltöffnungen in Verbindung. Die Parenchymzellen zeigen auch das Bestreben, sich strahlenförmig um die Gefässbündel anzuordnen. Besonders tritt dies bei den Zellen hervor, welche das axile Leitbündel umgeben. Das ganze Blatt wird etwa aus 6—8 Parenchymschichten gebildet. Es entbehrt jeder mechanischen Befestigung, trotzdem es eine dünnwandige Epidermis, dünnwandiges Pallisaden- und dünnwandiges Schwammparenchym hat, ferner Bündel ohne mechanische Schutzvorrichtung, eine dünnwandige Endodermis; sogar der Blattrand ist ohne mechanischen Schutz, Fig. 9.

Die Blattleitbündel werden von einer Parenchymscheide umschlossen, welche nicht wesentlich anders gestaltet ist, als das benachbarte Parenchym. Sie zeichnen sich nur durch ihren geringeren Durchmesser im Vergleich zu den sie umgebenden Parenchymzellen aus.

Die Endodermis ist ferner einschichtig, dünnwandig, zeigt keine *Caspary*'schen Punkte. Ferner besitzt sie keine Durchlasszellen, führt keine Stärke und ist schwach verkorkt. Xylem und Phloëm liegen collateral neben einander; das Xylem der Blattoberseite, das Phloëm der Blattunterseite zugekehrt. Die Hauptmasse der Gefässe nimmt dicht an einander gelagert das Centrum des Bündels ein. Diese axile Xylemgruppe wird allseitig von Holzparenchym umschlossen. Dasselbe ist auf der der Oberseite zugewandten Hälfte mächtiger entwickelt, als auf der entgegengesetzten, und finden sich in demselben einige Primär-Gefässe zerstreut vor. Zwischen den der Blattunterseite zugekehrten Parenchymzellen und der Endodermis schiebt sich das Phloëm sichelförmig ein. Das Phloëm setzt sich wiederum aus ausser-

ordentlich engen langgestreckten Parenchymzellen und noch engeren Siebröhren zusammen. Die äusserste Schicht des Phloëms wird von einem dickwandigen einschichtigen Pericambium gebildet.

Was die Leitbündelendigungen anbetrifft, Fig. 12, so zeigt sich bei ihnen das Bestreben, alle Elemente des Gefässbündels in Form gleichartiger, zartwandiger, englumiger, langgestreckter Parenchymzellen auszubilden. Sämtliche Elemente des Bündels sind bedeutend reduziert. Es besteht aus einigen chlorophyll- und stärkehaltigen Endodermiszellen, die einige zarte Zellen, vielleicht ein oder zwei Gefässe und einige Phloëmzellen einschliessen. Wegen der unvollkommenen Ausbildung der Gefässe und Phloëmzellen ist nicht mit Bestimmtheit zu sagen, welche von den wenigen innerhalb der Endodermis liegenden Zellen zum Phloëm oder Xylem gehören.

Das axile Gefässbündel des Blattstiels setzt sich in das Blatt als Mediannerv fort, welcher das Blatt in seiner ganzen Länge durchzieht. Von diesem Mediannerv zweigt sich jederseits am Grunde der Blattspreite ein Nerv ab, der parallel dem Blattrande verläuft, und den wir somit Marginalnerv nennen können. Die Ursprungsstellen dieser beiden Marginalnerven liegen sich einander nicht genau gegenüber, doch liegen sie sehr nahe zusammen.

Ungefähr an der Grenze des ersten und zweiten Fünftels der Spreite, vom Blattgrunde aus gerechnet, geht wiederum rechts und links, aber auch hier nicht immer in ganz gleicher Höhe, je ein Seitennerv vom Mediannerv ab. Diese beiden verlaufen ebenfalls dem Blattrande annähernd parallel zur Blattspitze hin. Sämtliche eben erwähnten fünf Nerven laufen an der Spitze des Blattes springbrunnenförmig zusammen. Von jedem dieser Hauptnerven gehen feine Seitenzweige ab, die ein äusserlich am Blatte nicht wahrnehmbares Anastomosennetz bilden.

Blütenstiel.

Aus verschiedenen Gründen fand ich es für das zweckmässigste, an die Beschreibung des Blattstiels und des Blattes gleich die Anatomie des Blütenstiels anzufügen, besonders deshalb, weil er im wesentlichen denselben Aufbau wie alle bisher geschilderten Organe zeigt und sich so die immer wiederkehrenden Gewebeelemente am besten erläutern lassen.

Auch hier sind die Gewebe auf dem Querschnitt ganz regelmässig in Kreisen oder Ringen angeordnet. In der Mitte liegt immer das axile Gefässbündel, dieses ist umgeben von der Endodermis, an welche nach aussen der Assimilationsring grenzt. Dieser endlich ist von der Epidermis umschlossen. Das Gefässbündel ist periphloëmatisch gebaut, Fig. 13. Die Mitte des Gefässbündels wird von einem relativ gut entwickelten, aus unverholzten parenchymatischen Zellen bestehenden homogenen Mark eingenommen, welches Stärke speichert.

Im peripherischen Teil des Markes liegen wenige, immer sehr kleinlumige Primärgefässe, welche Ring- und Spiralverdickungen zeigen. Um diese gruppieren sich sternförmig einige Parenchymzellen, welche bisweilen etwas stärkere Wandungen als die Zellen des Markes besitzen, sonst aber gerade so wie die Markzellen in der Längsrichtung des Organs gestreckt sind und auch sonst keinerlei Formverschiedenheiten aufweisen. Ich nenne sie ihrer Lage nach Holzparenchymzellen. Das Mark wird von dem Xylemring umschlossen. Diese sekundären Gefässe schliessen eng an einander an, ohne irgend welche parenchymatischen Elemente zwischen sich zu haben. Nur an einer Stelle ist der Ring durch ein schmales aus Parenchymzellen bestehendes Septum unterbrochen. Aber in keiner Höhe des Blütenstiels erfährt diese parenchymatische Scheidewand eine grössere Ausdehnung, so dass hier niemals, wie dies z. B. beim Blattstiel der Fall war, das Xylem in den oberen Teilen allmählich sich zu einer Sichel reduziert.

Der Xylemring wird an manchen durch ein, an anderen

durch zwei bis vier radial hinter einander liegende Gefässe gebildet, welche zum grösseren Teil Ring- oder Spiralverdickungen haben. Nach aussen schliessen sich an diese solche mit quergedehnten Poren an.

Das Xylem wird von einem schmalen Phloëmring umschlossen, dessen Elemente ein ausserordentlich enges Lumen haben, gerade so wie dies bei den bisher geschilderten Pflanzenteilen der Fall war. Die Querwände der langgestreckten Parenchymzellen sind rechtwinklig gestellt, nur hie und da tritt eine schräg gestellte auf. Ebenso sind die Platten der sehr engen Siebröhren nahezu rechtwinklig zur Längsachse angeordnet.

Das Phloëm schliesst sich nach aussen durch das einschichtige Pericambium ab, dessen weitlumige, dickwandige Elemente einen gelblichen Festigungsring bilden.

Die Rinde grenzt sich gegen das Gefässbündel durch die Endodermis ab. Dieselbe besteht aus einer Zelllage, hier und da tritt eine Teilung der Zellen in radialer Richtung auf. *Caspary*'sche Punkte, Durchlasszellen und Stärkeeinschlüsse fehlen ihr. Ihre Wandungen sind verkorkt.

Die Rinde des Blütenstiels ist reichlich entwickelt. Auch hier wird die Endodermis von einem einschichtigen Parenchymzellring umgeben, dessen Elemente freilich nicht eng zusammenschliessen. Ebenso findet sich eine einschichtige subepidermale Parenchymlage vor. Zwischen beiden liegt die Lufthöhlenschicht, welche aus grösseren und kleineren Intercellularen besteht, die durch einschichtige Septen von einander getrennt werden. Im allgemeinen nimmt die Grösse der Intercellularen vom Centrum gegen die Peripherie hin an Grösse zu. Die Parenchymzellen haben tonnenförmige Gestalt. Auf dem Querschnitt erscheinen sie rundlich und enthalten Chorophyll und Stärkeeinschlüsse. Es finden sich im Blütenstiel nirgends Andeutungen von mechanischem Gewebe.

In der Epidermis des Blütenstiels finden sich auch Spaltöffnungen und Drüsenhaare, wie beim Stolo und Blattstiel.

Die Epidermis zeigt ferner ähnliche Cuticularverdickungen, wie diese bei den obenerwähnten Organen schon früher beschrieben wurden. Sie stellen sich von der Fläche als feine Streifungen, auf dem Querschnitt als Körnelungen dar. Die Epidermiszellen zeigen sich auf dem Querschnitt quadratisch, meist etwas in radialer Richtung gestreckt. Die sich vorwölbende Aussenwand ist stark verdickt. Die Verdickung derselben geht keilförmig auf die Seitenwände über, welche an ihrem peripherischen Ende stark, an dem centralen Ende dagegen schwach sind. Die Innenwand dagegen ist zartwandig.

In der Flächenansicht zeigen sich die Epidermiszellen langgestreckt und zwar in der Längsrichtung des Blütenstiels mit geraden, nicht gewellten Wandungen.

Die Querwandungen stehen entweder rechtwinklig zur Längsrichtung oder schräg bis zu einem Winkel von 45^0 geneigt. Nie greifen sie jedoch spindelförmig in einander.

Wurzel.

Sehr eigenartig und charakteristisch ist der Bau der Wurzel, welche von allen Organen der *Limosella aquatica* den interessantesten anatomischen Aufbau darbietet.

Das kleine axile Gefässbündel wird von einer mächtigen $^5/_6$ des gesamten Durchmessers einnehmenden Rindenschicht umgeben, Fig. 14. Dieses Rindenparenchym erfährt nun eine Ausbildung, wie sie für die submersen oder im nassen Schlamm oder Sand steckenden Organe vieler Sumpfsträucher und Stauden bekannt geworden ist, und dessen Bildung, wie *H. Schenck* dargethan, ausschliesslich an das Medium des Wassers gebunden ist.*)

*) H. Schenck »Über das Aërenchym, ein dem Kork homologes Gewebe bei Sumpfpflanzen«. Pringsheims Jahrbücher. Bd. XX 89.

Im Nachfolgenden soll dieses Gewebe, welches wir mit dem eben genannten Autor »Aërenchym« nennen wollen, kurz geschildert werden.

Die Endodermis des axilen Stranges wird von einer einschichtigen Lage längsgestreckter, auf dem Querschnitt rundlich erscheinender Parenchymzellen umgeben. Diese Zellen berühren sich gegenseitig und bilden mit den entsprechenden der Endodermis kleine viereckige Intercellularen. Dieser Schicht parallel läuft die unter der Epidermis gelegene Exodermis. Beide werden durch eine ringförmige Lufthöhle, die von radialen Septen durchsetzt wird, geschieden. Die Exodermis zeigt sich auf einem Querschnitt ein- bis dreischichtig. Die Zellen lassen aber keine Intercellularen zwischen sich. Ihre Wände, besonders die Radialwände, sind gewöhnlich verkorkt, eigenartig gewellt und erscheinen auf dem Querschnitte in der Mitte dunkler als die übrigen Wände. Sie zeigen also die sogenannten *Caspary*'schen Punkte. Die Parenchymzellen der radialen Septen, welche von dem die Endodermis umgebenden Parenchymring aus zur Exodermis hinziehen, so den Lufthöhlenring in grosse Intercellularen zerlegend, berühren sich nicht unmittelbar, sondern stehen durch Ausbuchtungen mit einander in Verbindung. Diese Septen bestehen meist aus einer oder zwei Zellschichten, die radial neben einander liegen, und deren Zellelemente wiederum nicht direkt einander berühren, sondern durch cylindrische Ausstülpungen, welche paarweise gegen einander gerichtet sind, verbunden werden. So werden innerhalb einer Parenchymplatte wiederum kleinere Intercellularen gebildet.

Eine einzelne Zelle einer Parenchymplatte zeigt auf dem Querschnitt, Fig. 15, eine rundliche Form und zwei bis vier Schläuche, welche teils die Verbindung der radial hinter einander, teils der neben einander gelegenen Parenchymzellen herstellen; letzteres, wenn die Parenchymplatte den benachbarten sehr nahe liegt.

Im Längsschnitt erscheinen die Zellen, Fig. 16, der Parenchymplatten ziemlich lang, im Umriss etwa rechteckig. Die quergeschnittenen, aus der Schnittebene heraustretenden

Schläuche stellen sich als Kreise dar, während die in der Profilansicht sich zeigenden leiterförmig über einander liegen. Die Entstehung der Schläuche ist so zu erklären, dass bei der Streckung der Wurzel die aus einer Zelle entspringenden Schläuche sich nur in radialer Richtung ausgedehnt haben, während sie in tangentialer und in der Längsrichtung keine Streckung erfuhren.

Ich erwähne übrigens, dass bereits ein ähnlicher Fall der Ausgestaltung des Rindengewebes wie bei *Limosella* von *Sachs* beobachtet worden ist. Er bildet ein solches der Wurzel von Sagittaria sagittifolia in seinem bekannten Lehrbuche (II. Auflage S. 69) ab. Nur sind hier die Zellen kürzer als bei *Limosella*, bei welcher auch die Ausstülpungen relativ länger erscheinen.

Die Wurzel grenzt sich gegen die Aussenwelt durch die Epidermis ab.

Diese besteht aus rechteckigen, in der Wachstumsrichtung des Organs gestreckten parenchymatösen Zellen, die auf dem Querschnitt äusserst abgeflacht erscheinen, und sich nur dadurch von der darunter liegenden Exodermis abheben, Fig. 14.

Jedes der ausnahmslos diarch beobachteten Gefässbündel ist von einer gut differenzierten, aus länglichen, verkorkten Zellen bestehenden Endodermis umgeben, Fig. 17. Meist sind sowohl die tangentialen, als auch die radialen Wände verkorkt. Letztere zeigen jedoch diese Eigenschaft im höheren Masse. Der axile Leitbündelstrang, welcher von der Endodermis umschlossen wird, setzt sich entsprechend der Zartheit der Adventivwurzeln aus nur verhältnismässig wenigen Elementen zusammen, welche die typische radiale Anordnung der Wurzeln zeigen. Die Gefässe werden nur in geringer Zahl ausgebildet, erfahren jedoch hinsichtlich ihrer Differenzierung keine Reduktion. Die Gefässplatten stossen im Centrum zusammen und gestatten keine Entwickelung von Mark.

Ein Cambium tritt auch bei der Wurzel nicht auf. Auf die gut ausgeprägte Schutzscheide folgt nach innen

zunächst eine Schicht weitlumiger, mit ziemlich dicker collenchymatischer Membran versehener Zellen, das Pericambium.

Unmittelbar unter dem Pericambium folgt die Phloëmschicht, während im Centrum des Bündels das Xylem liegt. Die Gefässbildung geschieht centripetal. Die Erstlingsgefässe, welche Ring- oder Spiralverdickungen haben, liegen peripherisch. Sie sind die engsten und liegen unmittelbar dem Pericambium an, während die sich später entwickelnden Tüpfelgefässe unter beträchtlicher Erweiterung gegen das Centrum des Bündels hin sich anreihen.

Eine eigentliche Hauptwurzel wird überhaupt nicht ausgebildet. Die zahlreichen Adventivwurzeln tragen Wurzelhauben, dagegen mehr oder minder reichlich Wurzelhaare, Fig. 18. Diese treten an den Seitenwurzeln zweiter und dritter Ordnung auf.

Wenn die Wurzelhaare auch bei *Limosella aquatica* nicht gerade reichlich ausgebildet werden, so ist doch ihr Vorkommen deshalb bemerkenswert, weil bei Sumpf- und Wasserpflanzen häufig die Wurzelhaare fehlen. Durch die Ausbildung von Wurzelhaaren wird *Limosella aquatica* befähigt, auch zeitweise auf trockenem Boden zu leben. Die Zahl der Wurzelhaare ist natürlich keine constante und wechselte bei den Pflanzen verschiedener Standorte mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens.

Was den anatomischen Bau der Wurzelhaare anbetrifft, wäre folgendes zu erwähnen.

Stets stülpt sich die Aussenwandung der Epidermiszelle an dem der Wurzelspitze zugekehrten Ende zum Wurzelhaare aus. Nie wird es durch das Auftreten einer Querwand zu einer selbständigen Zelle. Es wird also der Fortleitung der absorbierten Stoffe kein Hindernis bereitet.

Die Wurzelhaare stellen sehr lange cylindrische, an der Spitze abgerundete Schläuche dar. Sie sind häufig verzweigt und zeigen noch ausserdem blindsackartige Ausstülpungen.

Wo das Wurzelhaar sich einem festen Gegenstand, z. B. einem Bodenpartikelchen anlegt, schwillt es keulenförmig an oder umgreift den betreffenden Gegenstand.

Blüte und Frucht.

Von sämtlichen Organen der Blüte inseriert sich der Kelch zu unterst am Blütenboden. Derselbe ist glockig, fünfzähnig und von grüner Farbe. Da er noch an der reifenden Frucht erhalten bleibt, so ist er ein »bleibender Kelch« zu nennen. Die Kelchränder sind ganzrandig.

Der anatomische Aufbau ist ein äusserst einfacher. Das Kelchblatt besteht zum grössten Teile nur aus oberer und unterer Epidermis, Fig. 19. Nach der Mitte zu verdickt es sich ein wenig, d. h. zwischen oberer und unterer Epidermis liegt noch ein parenchymatisches Gewebe eingeschaltet, in welchem das Gefässbündel verläuft.

Das parenchymatische Gewebe besteht am Grunde des Kelches in der Nähe des Gefässbündels aus etwa drei Zelllagen. Von hier aus nimmt das Parenchymgewebe sowohl nach der Seite, als auch nach der Spitze zu an Stärke ab, bis es schliesslich ganz verschwindet.

Die Wände der Epidermiszellen der oberen und unteren Epidermis sind wellenförmig gebogen. Typische Spaltöffnungen finden sich in der Epidermis der Kelchblätter und zwar nach der Mitte zu, nicht am Rande. Dies findet darin seinen Grund, weil das Kelchblatt in der Mitte aus mehreren Schichten besteht. Auch Drüsenhaare, die in ihrem Aufbau nicht von denen der anderen Organe abweichen, sind über die Kelchepidermis hin zerstreut. Schliesslich wäre noch bei der Epidermis zu erwähnen, dass ihre Zellwände Poren haben. Die in den Medianlinien der Kelchblätter verlaufenden Gefässbündel sind rudimentär. Sie bestehen aus einigen Xylem- und Phloëmelementen.

Stipulae.

Die beiden »Petiolarstipeln«, welche sich am Grunde des Blattstiels finden, zeigen dieselbe Beschaffenheit wie die Kelchblätter. Die Wände der Epidermiszellen sind ebenfalls wellig gebogen.

Blumenkrone.

Die Blumenkrone ist eine kurze Röhre mit einem fünfspaltigen, fast aktinomorphen Saum. Die Farbe derselben variiert zwischen weiss, rötlich und lichtblau.

Gewöhnlich ist die Krone in der Mitte lila, am Grunde des Tubus gelb gefärbt.

Auch die Krone setzt sich aus drei Gewebeschichten zusammen, nämlich der äusseren und inneren Epidermis und zwischen diesen beiden ein durchschnittlich zwei Zelllagen starkes Parenchym. Die Form der Epidermiszellen ist an verschiedenen Stellen der Blumenkrone sehr verschieden. An der Spitze der Blumenkronenzipfel haben sie, von der Fläche gesehen, quadratische Form, häufig mit abgerundeten Ecken. Im mittleren Teil zeigen sie starke Wellungen ihrer Wände. Im unteren Teil des Tubus nehmen sie wieder quadratische Formen und die lang gestreckter Rechtecke mit schwach gewellten Wandungen an. Die verstärkten Aussenwandungen wölben sich vor. Als Anhangsgebilde besitzt sie typische Spaltöffnungen und Drüsenhaare von der oben beschriebenen Form. Im Verhältnis zum Kelch sind die Elemente der Epidermis sowohl als die des Parenchyms weitlumiger. Die Parenchymzellen erscheinen auf dem Querschnitt rundlich und sind in der Längsrichtung des Organs stark gestreckt. Jedes Blumenblatt wird von drei Gefässbündeln durchsetzt, von denen das mediane das längste ist, doch erreicht auch dieses nicht die Spitze des Zipfels.

Es besteht aus einem oder zwei Gefässen und ein paar parenchymatischen Elementen. Der freie Rand der Blumenkrone ist leicht gewellt.

Staubblätter.

In ihrem unteren Teile sind die Filamente der Stamina mit der Blumenkrone verwachsen.

Auf dem Querschnitt zeigen sie eine ovale Form. Im Centrum des Ovals liegt das aus wenigen Xylem- und Phloëmelementen bestehende Gefässbündel. Dieses wird von zwei bis drei Lagen parenchymatischer Zellen umschlossen, die in der Längsrichtung gestreckt sind und im Querschnitt rundlich erscheinen. Nach aussen schliesst sich das Filament durch eine einschichtige Epidermis ab.

Die Zellen derselben zeigen auf dem Querschnitt annähernd quadratische Form mit abgerundeten Ecken. Auch ist die Aussenwand verdickt und wölbt sich nach aussen vor.

Von der Fläche gesehen, bieten sie mehr oder weniger regelmässige Formen dar, zeigen sich aber durchweg in der Längsrichtung gestreckt, ohne Wellung ihrer Wandungen aufzuweisen. Ferner war das Vorhandensein von Spaltöffnungen und Drüsenhaaren zu konstatieren.

Nach oben hin geht das Filament in das Connectiv über, dem die einfächerig erscheinende Anthere aufsitzt.

Das Connectiv wird von parenchymatischen, auf dem Querschnitt annähernd sechseckigen Zellen gebildet, in deren Mitte das rudimentäre Gefässbündel liegt. Das Ganze wird nach aussen hin von einer aus polygonalen Elementen bestehenden Epidermis bedeckt. Eine so gestaltete Epidermis überzieht auch die Anthere. Auf dem Längsschnitt zeigen sich die Elemente derselben quadratisch.

Die Epidermis ist von grosser Zartheit und collabiert frühzeitig. Unter ihr liegt eine einschichtige ge-

schlossene Faserzellschicht, die sogenannte fibröse Schicht vieler Autoren. Die Anthere öffnet sich intrors an einer von zwei lateralen Höckern gebildeten medianen Furche.

Das Gynaeceum.

Im Centrum der Blüte steht das oberständige Pistill. Es besteht aus drei Teilen: Fruchtknoten, Griffel und Narbe.

Fruchtknoten.

Der bauchig angeschwollene, zweifächerige Fruchtknoten mit dicker, centraler Placenta, welcher zahlreiche Samenanlagen ansitzen, führt in der Jugend Chlorophyll. Im anatomischen Aufbau ist er nicht wesentlich vom Kelch- und Blumenkronenblatt verschieden. Er wird von einer äusseren und inneren Epidermis mit dazwischen liegendem Parenchym gebildet, in welchem in der Medianlinie der beiden Fruchtblätter ein Gefässbündel mit wenigen Xylem- und Phloëmelementen verläuft. Die Parenchymlage ist in der Medianlinie der beiden Fruchtblätter, also da, wo das Gefässbündel verläuft, nur zweischichtig. Nach den Rändern der Fruchtblätter allmählich an Stärke zunehmend, erreicht das Parenchym dort, wo die beiden Carpelle mit ihren Rändern zusammenstossen, Fig. 20, und mit der Scheidewand des Fruchtknotens in Verbindung stehen, die Dicke von circa sechs bis acht Zelllagen. Gleichzeitig nehmen die Elemente des Parenchyms um so mehr an Lumen zu, je weiter man sich vom Gefässbündel entfernt.

Es sei hier gleich erwähnt, dass da, wo die beiden Blätter des Fruchtknotens zusammenstossen, sich ein schmaler

Strang parenchymatischer Elemente einschiebt, die ein viel kleineres Lumen als die übrigen Parenchymzellen besitzen. Die einzelnen Elemente des Parenchyms zeigen sowohl auf Quer- als auch Längsschnitten ovale Form und sind in der Richtung von aussen nach innen abgeplattet.

Die Epidermis der Aussen- und Innenseite stellt sich nicht nennenswert verschieden dar. Die Elemente beider erscheinen auf dem Querschnitt, Fig. 20, als flache Rechtecke mit stärkerer, schwach vorgewölbter Aussenwand. Im ganzen sind wohl die Epidermiszellen der Innenseite kleiner und noch flacher als die der Aussenseite. Von der Fläche gesehen, haben die Zellen beider Seiten die Form von sehr unregelmässigen Quadraten und Rechtecken mit stark gewellten Wänden. Die Zellen, die über dem Gefässbündel gelegen sind, zeigen eine starke Streckung in der Längsrichtung desselben.

Ferner besitzen die Wandungen, wie die des Kelches, Poren und Cuticularfalten, welche in schönen Wellenlinien über die Oberfläche hinziehen. Schliesslich sei noch bemerkt, dass da, wo die beiden Carpelle zusammenstossen, auch die Elemente der Epidermis viel kleiner sind, Fig. 20, und auf dem Querschnitt quadratische Form besitzen, während, wie oben erwähnt, die übrigen Epidermiszellen rechteckig sind.

Nach der Blütezeit finden im Parenchym, dort wo die beiden Carpelle zusammenstossen und mit der Scheidewand des Fruchtknotens in Verbindung stehen, Differenzierungen statt, indem dort sogenannte »Hartschichten« gebildet werden, über welche ich bei der reifen Frucht berichten werde.

Placenta.

Vom Grunde des Fruchtknotens erhebt sich die centrale, der Scheidewand aufsitzende Placenta, welche die Samenknospen erzeugt. Sowohl die Scheidewände als

auch die Placenta durchsetzen den Fruchtknoten in seiner ganzen Höhe. Das Plazentargewebe und die Scheidewände zeigen als gemeinsame Gebilde der Carpelle auch den gleichen Bau.

Ihre parenchymatischen Zellelemente haben annähernd kuglige Form und schliessen Chlorophyll, Stärke und Öl in sich ein. Gegen die Fruchtknotenhöhle werden sie durch eine Epidermis abgegrenzt, die allmählich in die innere Epidermis der Fruchtwand übergeht und die gleiche Form wie diese zeigt. In der Axe der Placenta steigt ein Gefässbündelstrang auf, der sich nach oben baumartig verzweigt. Das Bündel ist auch hier rudimentär. Die Endigungen desselben bestehen nur aus wenigen Tracheiden mit Ring- und Spiralverdickungen. Die Placenta ist von den hängenden geraden Samenanlagen dicht bedeckt.

Griffel.

Da der Griffel cylindrich ist, so erhält man auf Querschnitten Kreisformen. Aussen ist der Griffel von einer einschichtigen cuticularisierten Epidermis bedeckt; das Grundgewebe besteht aus einem gleichmässigen Parenchym, und in diesem sind die Fibrovasalstränge eingelagert. Nach innen zu geht das Grundparenchym in ein engmaschiges Gewebe über, welches das Centrum des Griffels ausfüllt. Es ist das sogenannte »leitende Gewebe«.

Wir wollen nun die einzelnen Gewebe näher betrachten.

1) Epidermis.

Die Epidermis ist einschichtig und nicht wesentlich von dem darunter liegenden Parenchym verschieden.

Auf dem Querschnitt erscheinen die Epidermiszellen rundlich, von der Fläche gesehen als Rechtecke. Die Epidermis besitzt eine Cuticula. Auf dem Querschnitt stellt

sie sich als eine granulierte Randlinie dar, welches seinen Grund in einer zur Längsaxe des Griffels parallelen Streifung der Cuticula hat.

2) Grundgewebe.

Die Zellen desselben zeigen auf dem Querschnitte eine rundliche Form und lassen kleine, drei- und viereckige Intercellularen zwischen sich. Auf dem Längsschnitt erscheinen sie als Rechtecke, deren lange Seiten der Längsaxe des Griffels parallel sind.

3) Fibrovasalstränge.

Entsprechend den beiden Fruchtblättern finden sich zwei Griffelstränge vor. Der histiologische Bau derselben ist sehr einfach. Sie bestehen aus Gefässen und Phloëmparenchym. Die Gefässe haben ringförmige oder spiralige Verdickungen.

4) Leitendes Gewebe.

Es ist von dem umgebenden Parenchym durch weit beträchtlichere Kleinheit der Zelldurchmesser unterschieden.

Auf dem Querschnitt erscheinen sie rundlich und lassen sehr kleine Intercellularen zwischen sich; auf dem Längsschnitt sind sie rechteckig.

Die Wandungen sind stärker, als die der Parenchymzellen. Beide Gewebe gehen allmählich in einander über.

Der walzenförmige Griffel liegt nicht immer in der Fortsetzung der Medianlinie nach oben, sondern ist oft um ein wenig seitlich verschoben, was dadurch herbeigeführt wird, dass die Fruchtblätter nicht genau in der Medianlinie zusammentreffen, sondern dass das eine die Medianlinie nicht erreicht, während das andere dieselbe überschreitet.

Die Narbe.

Das Gewebe des Griffels und der Narbe gehen ganz allmählich in einander über, so dass es nicht möglich ist, eine Grenze zwischen beiden anzugeben.

Wir können sagen, dass die Narbe beginnt, von wo an die der Epidermis entsprechende Zellschicht die Form keulenförmiger Papillen annimmt. Denn das übrige Gewebe ist dem des Griffels gleich. Diese keulenförmigen Papillen secernieren ein schleimiges Sekret, an welchem die Pollenkörner festhalten.

Die Frucht.

Die kahle, braun gefärbte Frucht ist eine Kapsel mit ungeteilten Klappen. Sie öffnet sich längs der Verwachsungsränder der Carpelle durch Längsrisse, Fig. 21.

Die aus dem Ovarium hervorgegangene Fruchtwand hat sich nach der Blüte bis zur Reife nur wenig verändert.

Das Epicarpium, Mesocarpium, Endocarpium sind von der äusseren Epidermis, dem Gefässbündel führenden Parenchym und der inneren Epidermis des Fruchtknotens höchstens durch die etwas stärker ausgebildeten Wandungen verschieden. Aber da, wo beide Carpelle zusammen stossen, hat sich an jedem Carpellrande eine ein- bis dreischichtige Hartschicht ausgebildet, welche von der äusseren zur inneren Epidermis hinzieht, indem sie jenen oben erwähnten Strang kleinzelliger Parenchymelemente zwischen sich lassen. Diese Hartschichten setzen sich auch noch jederseits ein Stückchen lateralwärts unter der inneren Epidermis fort. Diese Hartschichtlage ist zweischichtig. Ihre Elemente sind auf dem Querschnitt oval und grosslumig. Im Längsschnitt erscheinen sie, Fig. 22, in der Längsrichtung gestreckt. Sie sind etwa

dreimal so lang wie breit und greifen mit ihren schwach zugespitzten Enden in einander.

Ihre Längswände zeigen Zickzackform. Jedes Glied dieser Zickzacklinie zeigt xförmige Verdickung. Die Querwände zeigen keine Zickzackform.

Wie schon bei der Beschreibung des Fruchtknotens angedeutet wurde, ist die künftige Trennungslinie schon an der unreifen Frucht deutlich erkennbar: Erstens durch die an jener Stelle bleibenden Epidermiszellen, zweitens durch jenen aus kleinlumigen Parenchymzellen gebildeten Strang, der von der äusseren zur inneren Epidermis hinzieht und bei der reifen Frucht die Hartschichten der beiden Carpelle von einander trennt. Hier ist die mechanisch schwächste Stelle der Fruchtwand, deshalb tritt hier die Dehiscenz ein, sobald die Spannungsdifferenzen in den Geweben der Fruchtklappen ein gewisses Mass erreicht haben.

Der Same.

Der Same ist durch den kurzen Nabelstrang gestielt.

Hinsichtlich seiner Form könnte man ihn eiförmig nennen, Fig. 23. Auf Querschnitten stellt er sich sechs- und siebeneckig dar, Fig. 24. Die einzelnen Seiten dieses Polygons sind konkav. Jede von diesen sechs resp. sieben Seiten stellt aber nicht eine glatte konkave Fläche vor, sondern sie bietet den Anblick eines Wellblechs dar.

Anatomischer Bau.

Die äusserste Hülle des Samens ist die Epidermis, welche mit dem Fortschreiten des Reifeprozesses rudimentär wird.

Der Samen grenzt sich nach aussen durch eine dicke, gelbe Membran ab, die, von der Fläche gesehen, noch die

zellige Struktur erkennen lässt. Die Zellen stellen in der Querrichtung des Samens gestreckte Sechsecke dar. Dieser parallel läuft an der Innenseite eine helle, farblose oder schwach lila gefärbte Schicht.

Hierauf folgt centrumwärts ein parenchymatisches Gewebe mit ziemlich dicken Wandungen, deren Elemente sich mit J H_2 S blau färben. Ihr Inhalt zeigt sich fein gekörnelt und färbt sich bei Zusatz von J gelb. Dieses Parenchym — es ist das an Proteinsubstanzen reiche, stärkefreie Endosperm — besteht aus drei Lagen grösserer Zellen und aus ein bis zwei Lagen ganz schmaler Zellen, welche den Embryo umgeben.

Der Embryo erscheint auf dem Querschnitt als ein kreisrunder, aus parenchymatischen Elementen bestehender solider Gewebekörper von hellgrüner Farbe.

Der Längsschnitt des Samens lässt dieselben Verhältnisse erblicken. Nur zeigt sich hier der Embryo als ein längliches Oval, seine beiden Cotyledonen lassen sich deutlich erkennen.

Aus den vorliegenden Untersuchungen ergiebt sich, dass der anatomische Aufbau der *Limosella aquatica* dem allgemeinen Typus der Dicotylen entspricht. Da aber alle funktionierenden Organe nur während einer einjährigen Wachstumsperiode thätig sind, das Ausdauern der Pflanze wesentlich auf Neubildung der Organe beruht, so fehlen alle gewöhnlich als secundäre Wachstumserscheinungen bezeichneten Vorgänge. In Bezug auf die Ausgestaltung der

Gewebeformen entspricht der Gesamtaufbau den Anpassungserscheinungen, welche vielen Sumpfpflanzen eigentümlich sind, Anpassungen, welche unabhängig sind von der systematischen Stellung und der morphologischen Gliederung.

Die vorliegende Arbeit wurde während des Winter-Semesters 1892/93 und während des Sommers 1893 im botanischen Institut zu Erlangen ausgeführt.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Habitusbild von Limosella aquatica.
Fig. 2. Gefässbündel und Rinde des Stammes.
Fig. 3. Gefässbündel vom Stolo.
Fig. 4. Rinde des Stolo.
Fig. 5. Gefässbündel des Blattstiels.
Fig. 6. Gefässbündel des Blattstiels.
Fig. 7. Halbschematische Darstellung des Übergangs des periphloëmatischen Gefässbündels in das collaterale in den verschiedenen Schnitthöhen des Blattstiels.
Fig. 8. Rinde des Blattstiels.
Fig. 9. Querschnitt des Blattes.
Fig. 10. Epidermis der Blattoberseite und der Blattunterseite von der Fläche.
Fig. 11. Epidermis der Blattoberseite mit Drüsenhaar im Querschnitt.
Fig. 12. Leitbündelendigung im Blatt.
Fig. 13. Gefässbündel des Blütenstiels.
Fig. 14. Wurzelquerschnitt.
Fig. 15. Rindenzellen der Wurzel (Querschnitt).
Fig. 16. Rindenzellen der Wurzel (Längsschnitt).
Fig. 17. Gefässbündel der Wurzel.
Fig. 18. Wurzelhaar.
Fig. 19. Kelchquerschnitt.
Fig. 20. Fruchtknotenwand. Die schräg schraffierten Zellen sind die Zellen, welche den für das Aufspringen vorgebildeten Strang bilden, die horizontal schraffierten die entsprechenden Epidermiszellen.
Fig. 21. Fruchtblattquerschnitt.
Fig. 22. Hartschichtzellen im Längsschnitt mit xförmigen Verdickungen der Längswandungen.
Fig. 23. Same.
Fig. 24. Samenquerschnitt.